# 一、概述

## 1．简介：

TH1773 电感偏流源通过微处理器控制，能提供 0～10A 的恒流输出，具有能与本公司各型 L 表及 LCR 电桥直接连接的测试接口，适用于磁性电感器的交直流叠加测试及为磁性材料的特性分析提供方便实用的磁化电流源。

本机提供了单一电流、多点扫描、等分扫描三种电流输出方式，可以手动扫描，也可以自动扫描，并且可以回扫，以适应于多种应用场合。

采用新一代交直流叠加测试原理，以适应于高精度、高频化测试需求。

即使断电及关机，用户数据不会丢失，以方便每次开机后的操作。

## 2．主要功能与技术参数：

2．1 电流范围：－10A～0～10A

具有 200mA/2A/10A 三个电流档，仪器根据用户设定值自动选择适用档；

2．2 显示：2×20 大点阵字符型 LCD；

2．3 频率响应：50Hz～200kHz

2．4 驱动：

- ✧ 输出电压：8Vmax；
- ✧ 被测件最大允许直流电阻：Rmax=7.5/I（Ω）
- ✧ 被测件最大允许电感量：Lmax=8/I（H）
- ✧ 最大允许开路或过载时间：Tmax=1s

2．5 扫描输出步数：2～15 点；

2．6 扫描延时设置：0～99 秒；

2．7 具有 RS232C 接口及 IEEE488 接口；

2．8 可与本公司各型 L 表或 LCR 电桥直接连接，并可受控于 L 表或 LCR 电桥；

2．9 主要功能：

- ✧ 可做电流正反向输出切换；
- ✧ 单一电流输出时，可以连续调节电流大小；
- ✧ 具有回扫功能，可选择自动或手动扫描；
- ✧ 具有脚踏开关控制功能；
- ✧ 工作参数自动记忆；

2．10 其它：

- ✧ 预热：开机后稍作预热即可工作
- ✧ 工作时间：可连续工作
- ✧ 电源：AC220V±5%，50Hz±5%，250VA
- ✧ 环境：温度 0～40℃，湿度 20～80%RH
- ✧ 体积：390（宽）×150（高）×410（深）$mm^3$
- ✧ 重量：约 8kg

## 3. 精度：

3．1 精度检验环境：

- ✧ 在出厂校正两年内
- ✧ 环境温度 25±5℃
- ✧ 相对湿度≤80%
- ✧ 使用净化电源
- ✧ 热机 15 分钟以上

3．2 电流精度：

| *量　程* | *电 流 范 围* | *精 密 度* | *分 辨 率* |
|---|---|---|---|
| 200mA | 0.0mA～200.0mA | ±（1%+3 个字） | 0.1mA |
| 2A | 0.000A～1.999A | | 0.001A |
| 10A | 2.00A～10.00A | | 0.01A |

3．3 叠加测试时附加误差：

电感仪或 LCR 电桥联接偏流源后，除了其本身误差外，还会因偏流源的接入而产生附加误差。误差来源于偏流源对 L 表测试信号的衰减、干扰及耦合的非理想化，同时也降低了测试的稳定性，因此 TH1773 并没有真正完整的消除原理误差，这是它的不足。

基本附加误差为±1%，随着被测件阻抗的增加而有所增加，误差估算公式为：

$$Ze=\pm 1\%(1+kl+kf+ki)(1+Zx/5k\Omega)$$

其中：

1）$Zx$ 为被测件之阻抗值，$Zx=2\pi fL$

2）ki 为叠加电流误差因子：

| 叠加电流 | ki |
|---|---|
| 0～2A | 0 |
| 2A～10A | 1 |

3）kl 为被测电感误差因子：

| 电感量 | kl |
|---|---|
| 0～20uH | 1 |
| 20uH～200mH | 0 |
| 200mH～2H | 1 |
| 2H～ | 2 |

4）kf 为测试频率误差因子：

| 测试频率 | kf |
|---|---|
| 50Hz～100Hz | 1 |
| 100Hz～1kHz | 0 |
| 1kHz～10kHz | 0.5 |
| 10kHz～50kHz | 1 |
| 50kHz～200kHz | 2 |

验证叠加测试附加误差还需在下列条件下进行：

1）使用本公司所生产之 L 表或 LCR 电桥

2）测量速度为慢速或中速

3）测试信号幅度≥0.25Vrms

4）使用随机提供的测试附件及本说明书所规定的连接方法

5）与 L 表或 LCR 电桥联机后做短路及开路清零

3．4 叠加测试的稳定性：

电感仪或 LCR 电桥联接偏流源后，测试稳定性会有所降低，一般来说，TH1773 电感偏流源将使 L 表或 LCR 电桥增加大约 10%的不稳定度，特别在使用小幅度测试信号（≤0.2Vrms）或低测试频率（≤100Hz）时，数据的不稳定性较明显。

## 4．适配仪器：

TH1773 可与本公司生产的下列电感测量仪或 LCR 电桥可靠联接：

| *型　　号* | *品　　名* | *对 TH1773 控制功能* |
|---|---|---|
| TH2773A，TH2775，TH2776 | 电感测量仪 | 无 |
| TH2810，TH2811，TH2812 及其系列 | LCR 电桥 | 无 |
| TH2816/A | 宽频 LCR 电桥 | A 型有 |
| TH2817/A | 精密 LCR 电桥 | A 型有 |
| TH2818 | 精密元件分析仪 | 有 |

说明 1：若本公司产品改型及更新恕不另行通知，详情请查询本公司最新资料；

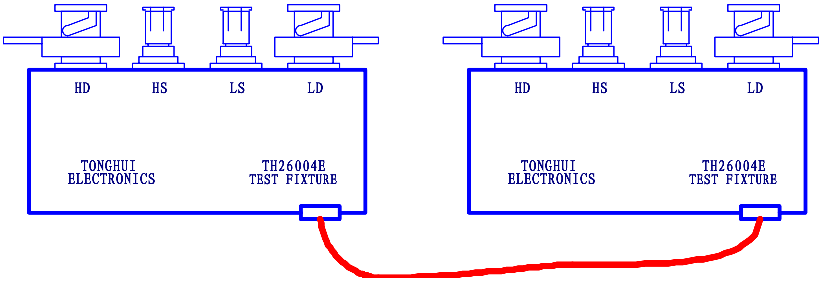
说明 2：本公司早期 L 表及 LCR 电桥因测试端子间距小而无法使用附件中提供的测试盒直接联接，此情况需另订制附件或自行改制；

说明 3：对于其它公司之 L 表或 LCR 电桥，基于同一测试原理且使用相同规格、样式之四端测试端子的，原则上可以与本机联接使用，但不能保证无其它意外发生。

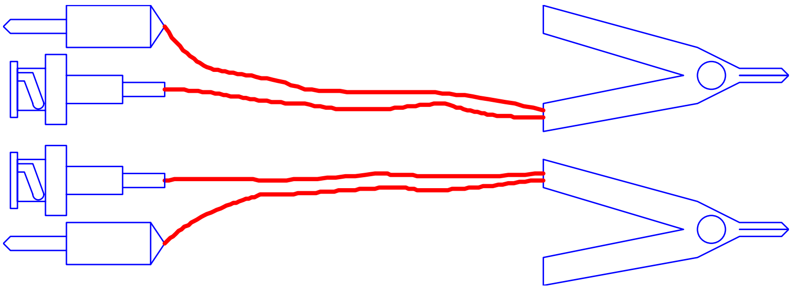
# 二、准备使用

## 1. 主要附件：

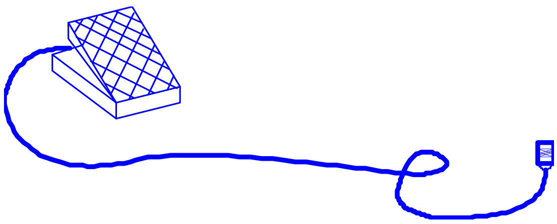
1) 测试盒 TH26004E：用于联接 TH1773 偏流源与 L 表或 LCR 电桥




2) 测试夹 TH26004F：用于联接被测件



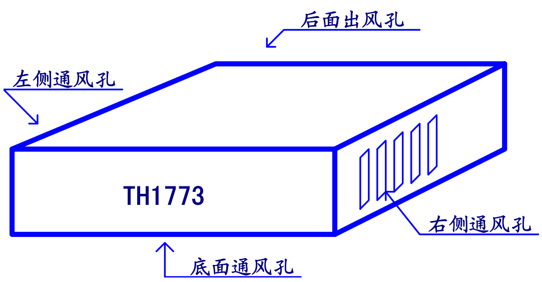
3) 脚控开关：可用于启动偏流源，以提高工作效率



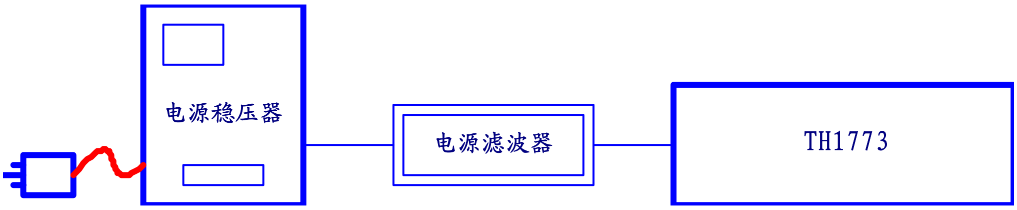
## 2. 安装环境：

1) 环境温度及湿度应符合本说明书第一章所述要求，并避免在多灰尘及振动环境中使用。其它不可预知的恶劣环境将可能直接影响仪器的正常工作或缩短其使用寿命，应尽量避免。

2) 应保证本仪器周围有良好的通风环境（特别在大电流工作时），以利于其散热。一般要求侧面通风孔距其它物 10cm 以上，出风孔距其它物间距在 20cm 以上，勿以杂物堵塞通风孔及出风孔。



3) 本仪器在设计过程中已充分考虑以减少电源干扰，但有时大范围的扰动仍可能对仪器的正常工作及稳定测试造成影响，如雷电、传动电机、电弧焊及其它大负荷用电设备造成的干扰等。如无法避免，应考虑加装电源滤波器或电源稳压器或二者兼而有之。




4) 此处所述之安装环境，对于与之相联的 L 表或 LCR 电桥，具有同等的适用条件，以共同维持测试的稳定性和精确性。

5) 仪器长时间不用，应妥善保管并适当包装，避免长期置于潮湿环境中，以利于日后使用。

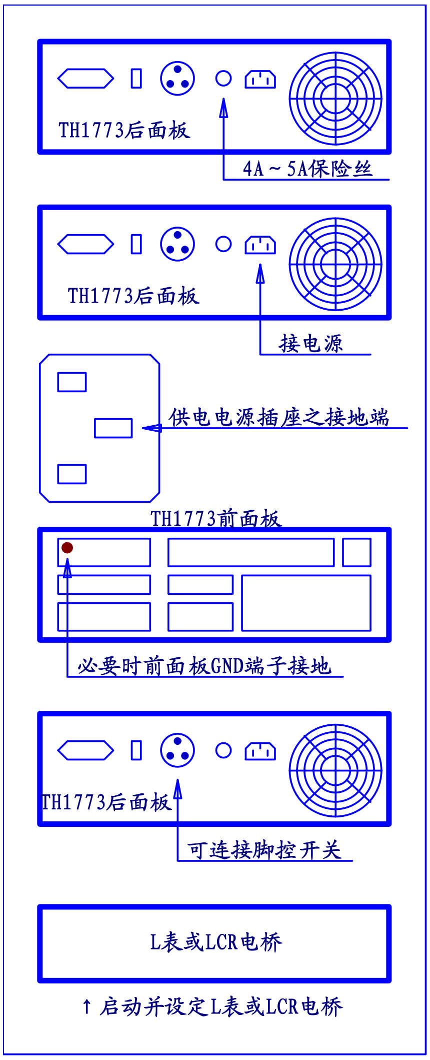
## 3. 联接方法：

1) 请检查保险丝，本仪器可使用 4A～5A 保险丝，更换保险丝时应使用同一规格（**检查及更换保险丝时务必拔掉电源线！**）

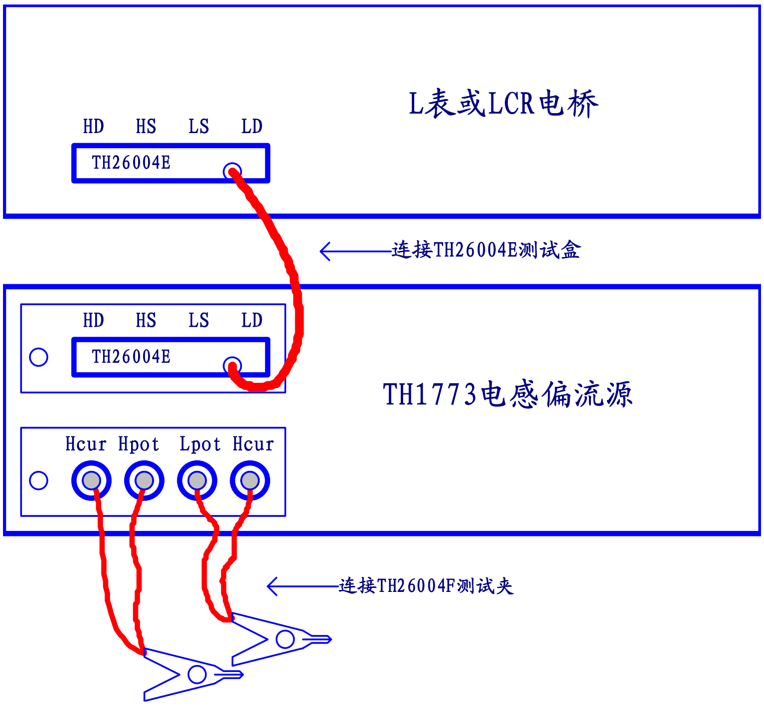
2) 请使用随机提供的三芯电源线，供电电源应满足第一章所述要求，即：
AC220V±5%，50Hz±5%，250VA
如果供电电源未能提供可靠的接地线，则应将前面板之 GND 端子接地，以防静电积累对测试造成干扰或对操作者产生电击危害。

3) 可根据需要联接脚控开关，脚控开关的控制方式有两种，请见后述。

4) 准备好 L 表或 LCR 电桥，开机完成其启动并设定其工作参数。



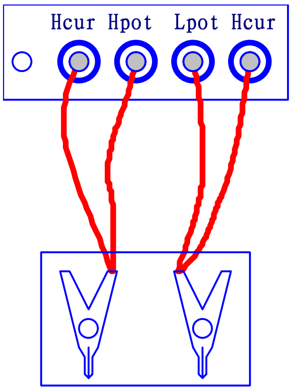
5) 打开 TH1773 的电源开关，正常启动后，用 TH26004E 测试盒将 TH1773 与 L 表或 LCR 电桥联接，并连接 TH26004F 测试夹：



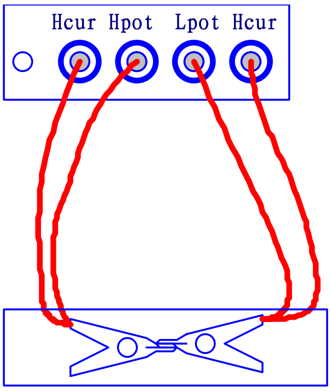

**※关于开机与关机：**如原先处于正常联接状态而再次开机使用，则最好将测试盒从一侧脱下来，分别开机启动后再联接上，这是因为***有些 L 表或 LCR 电桥在启动自检过程中要求处于开路状态***，TH1773 会影响其自检信号而使自检受阻；如果可以在联机状态下开机，则应先开 TH1773，后开 L 表或 LCR 电桥，关机时相反。

## 4. 联接后清零：

清零是指 TH1773 与 L 表或 LCR 电桥联接后，执行 L 表或 LCR 电桥的开路清零及短路清零功能。




执行开路清零

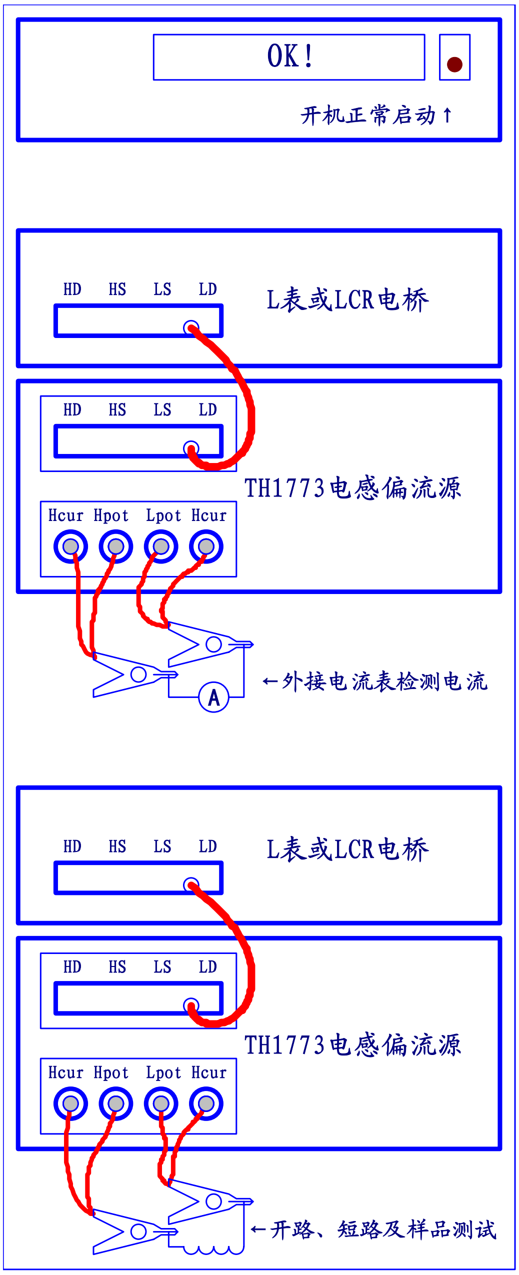



执行短路清零

**※关于清零：** TH1773 是一种低附加误差电感偏流源，与 L 表或 LCR 电桥联接后，多数情况下均能正常进行开路清零，但有时会因 L 表或 LCR 电桥对最小开路阻抗的限制，或因用户选用较小的测试信号幅度和较高的测试信号频率而不能开路清零，此时可改用***不联机开路清零***；另有少数 L 表不具有开路清零功能。由不能开路清零而导致的额外误差，在被测件之阻抗值 *Zx* 小于 2kΩ（$Zx=\omega L$）时，是可以忽略的。

## 5. 仪器状态之鉴别：

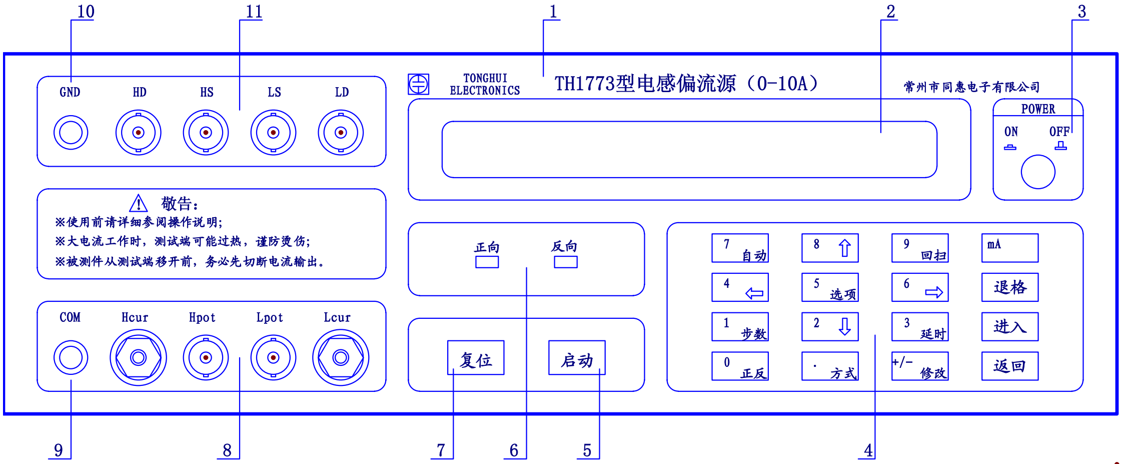
经过上述过程后，在使用前，可以对本仪器之工作状态作简略的判别，以避免在不良状态下进行测试：




1) 开机后，仪器首先进行内部复位、初始化及必要的自检，此后点亮正向及反向指示灯，显示仪器及公司信息，待清除显示信息并熄灭两指示灯后，仪器完成所有初始化；
2) 接下来仪器将启动至单一电流输出方式下（如果用户修改了“选项”设置中的 StartTo 项，则启动至用户设定的工作方式下，详见后述），并显示用户上次设定的电流数据及其它参数；
3) 在未启动电流输出时，输出端应确无电流输出，可以用电流表接在输出端检查，即使存在漏电流，其值一般也很小；
继续用电流表检查，按“启动”键，使电流输出，可检查电流是否正确；
4) 联机后，在无电流输出时，通过观察短路值、开路值、短路及开路清零、样品试测可以检查仪器能否正常进行联机测试。比如：短路值应尽可能小，开路值尽可能大，一般能进行正确的短路及开路清零，不**加偏流**时的联机测试值应与直接用 L 表测试的静态值基本一致；

# 三、面板说明

## 1．前面板结构及说明：




**1）** 商标及型号

**2）** 显示器

为 2×20 字符型 LCD 显示器，用以显示 TH1773 之工作状态及用户相关之设定参数。

**3）** 电源开关

此开关为两状态可自锁开关，按至“ON”位置则打开电源，按至“OFF”位置则切断本机电源。

**4）** 键盘

是用户设定工作参数、改变工作状态及进行功能设置的区域，概略如下：

*方式（WorkMode）*：可以循环切换单一电流输出、多点扫描输出、均分扫描输出三种工作方式；

*修改（Change）*：可以修改显示器上显示的电流数据；

*自动（Auto）*：在多点扫描或均分扫描方式下使用，用以设定自动或手动扫描；

*回扫（Return）*：在多点扫描或均分扫描方式下使用，用以设定回扫或不回扫；

*步数（StepNumber）*：在多点扫描或均分扫描方式下使用，用以设定扫描的步数；

*延时（DelayTime）*：在多点扫描或均分扫描方式下使用，用以设定扫描输出间的时间间隔，在自动方式下，经设定的延时后转入下一点电流输出，手动方式下，经设定的延时后处于暂停状态，等待用户按“启动”键；

上述各项设定，除“方式”外，均可自动保存，即使断电，状态也不会丢失。

*选项（Options）*：可进入选项设置菜单，进入本机提供的一些特殊功能的设置；

对选项所做的修改，其保存方式由选项中的 SaveMode 项决定，若选择 Auto，则可以自动保存。（详见后述）

*正反（ToggleFR）*：此键在单一电流输出方式下且已启动电流输出时有效，用以切换电流输出方向；

上述各项操作，除“正反”外，仅在未启动电流输出时有效！

*进入（Enter）*：用以接受用户对各项设置所做的修改；

*返回（Esc）*：取消或退出各项设置；

*退格（Backspace）*：在修改电流、步数和延时时间时，可以删除光标前的一位数字，且光标回退一位，其它状态下无效；

*数字键（NumberKey）*：键盘大多是共用键，数字键在面板上以黄色标示，在需要输入数字的场合，键盘自动进入数字输入状态，即修改电流、步数及延时时间时数字键有效；

*方向键（Up，Down，Left，Right）*：当显示器上有箭头指示（▲▼◄►）时，方向键有效，主要用于翻阅电流数据、输出电流微调、翻阅选项菜单等。

**5）** 启动键

用于启动电流输出或启动至下一点电流输出。

**6）** 电流输出指示

电流输出时，必定有一灯点亮，若正向灯亮，表明电流从红色端子输出，反向灯亮时，表明电流从黑色端子输出。

**7）** 复位键

当电流被启动输出后（包括用脚控触发启动的），可随时按“复位”键停止电流输出。

**8）** 测试端

用于连接被测件，参见第二章节“联接方法”，其中：

Hcur：电流输出端子，正端，为红色接线端子

Hpot：电位高端检测端子

Lpot：电位低端检测端子

Lcur：电流输出端子，负端，为黑色接线端子

连接时，一定要使 Hcur、Hpot 从同一测试夹引出，而 Lcur、Lpot 从另一测试夹引出，切不可交叉！

**9）** 公共端（**COM**）

公共接点，此端与机壳相连，可做屏蔽保护连接点，如在某些高频测试时，可将测试线及测试端的屏蔽外壳与该点连接，以达到屏蔽效果。

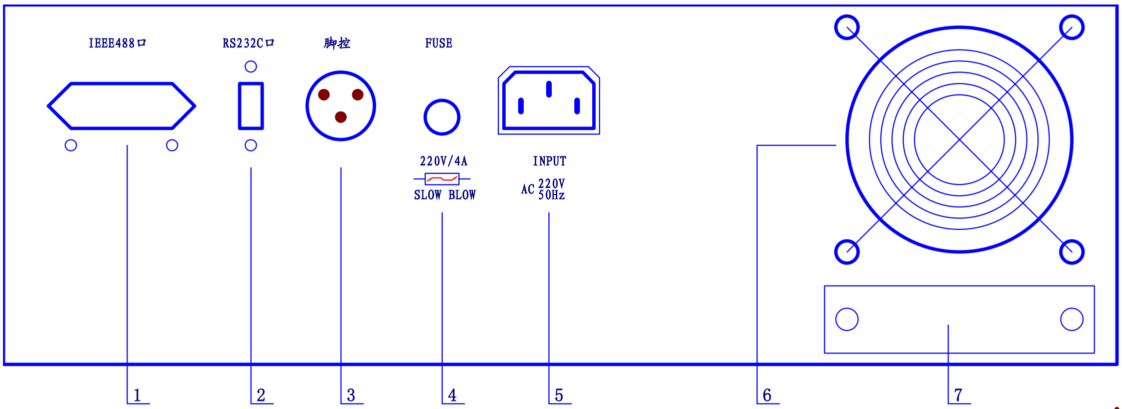
**10）** 接地端（**GND**）

此端同样与机壳相连，用于电源没有良好接地的情况下，将此点接到大地，以消除静电效应及漏电危险。

**11）L** 表连接端

用于将 TH1773 与 L 表或 LCR 电桥连接起来，连接方法请参阅第二章“联接方法”，附件中供连接用的测试盒保证 HD、HS、LS、LD 与 L 表或 LCR 电桥的 HD、HS、LS、LD 一一对应地连接和良好的屏蔽。

## 2．后面板结构与说明：




**1）IEEE488 口**

此为选购件，提供了由计算机控制的多仪器系统间的通用并行通讯接口。

**2）RS232C 口**

此也为选购件，为通用串行接口，可通过串行总线与计算机通讯，也可连接到由本公司提供的 L 表或 LCR 电桥上，通过 L 表或 LCR 电桥对 TH1773 的工作进行控制，但需要 L 表或 LCR 电桥支持这项功能（请参阅第一章的“适配仪器”一节）。

**3）脚控接口**

可连接到脚控开关，通过脚控开关来触发启动 TH1773。脚控开关的控制方式由选项中的“FootMode”项决定。

**4）保险丝**

本仪器使用 4A～5A，20mm 慢熔保险丝，向内按压保险丝旋帽，再左旋，可弹出保险丝帽；安装时则推进保险丝帽，再右旋锁紧，注意保险丝帽上接触片的方向。

| 警告！<br>请在拔去电源插头的情况下进行此项操作！ |
|---|

**5）电源插座**

电源输入，使用标准三芯电源插座，请使用随机提供的三芯电源线连接电源，电源规格为 AC220V，50Hz。

**6）风扇**

是内部热耗的唯一散出口，请始终保持此散热口的通畅。

本机另有许多进风口，与出风口一起，构成仪器内部散热通道。

**7）铭牌**

注明产品生产日期、产品编号、产品许可证号及产品制造商。

# 四、操作

前面章节的介绍都是使用本仪器的基础，本章将着重介绍如何对本仪器进行参数及功能设置，即键盘的详细使用，以满足不同的需要。

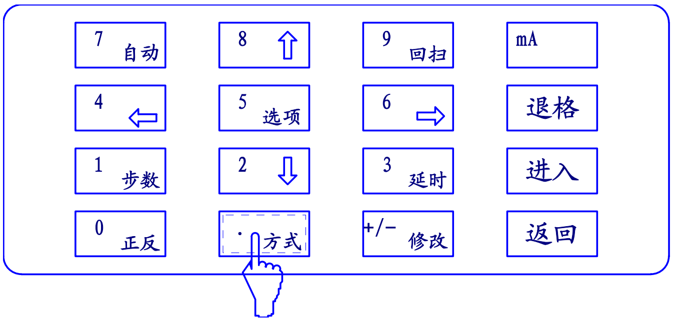
至于连续及批量的测试，对于已设置好了的仪器，操作将十分简单，只须按“**启动**”与“**复位**”就行了，甚至只须使用脚控开关。

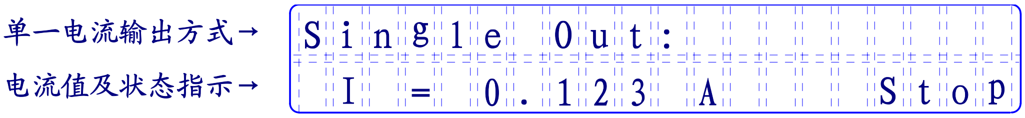
功能及参数设置只能在电流停止输出的情况下才能进行，一旦已启动电流输出，则不能进行参数及功能设置！

## 1． 使用单一电流输出（Sigle Out）：

单一电流输出是最常用的电流输出方式，即每次启动电流输出时只有一种电流输出，其对应方式是电流扫描输出。

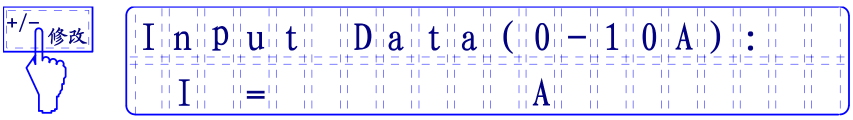
开机后，如果当前状态不是单一电流输出，或在使用时需切换至单一电流输出，按“方式”键，直至显示器第一行显示“Sigle Out:”，表明进入单一电流输出方式。




“Stop”表明当前尚未启动电流输出，处于待机状态。

1）**设置电流**：当光标在“I”下闪烁时，表明可以随时修改电流，按“**修改**”键，则进入电流设置界面：




此时数字键有效，可以输入数据，包括“mA”、“±”及“.”。毫安及符号是乒乓式开关输入（“+”号不显示），“**退格**”键不能取消它们，小数点及数字都可以通过“**退格**”键来删除。

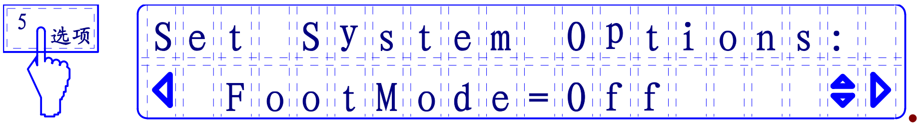
数据输入完毕后，按“**进入**”键接受输入并返回原工作介面，按“**返回**”键则不接受输入而直接返回至原介面。

用户设置的电流数据是自动记忆的，即使掉电及关机，此数据也不会丢失！

2）**设置选项**：选项中的设置对于仪器的工作并不是必须的，但对于使仪器更适应于不同的应用场合却是有益的，例如设置习惯的脚控方式和合适的过渡延时时间等。

除特别说明外，选项中的设置也同样适用于扫描输出方式，在扫描输出工作方式下，也同样可以进行选项设置。

按“**选项**”键，即可进入选项设置菜单：




第一行“Set System Options:”提示为“设置系统选项”，第二行“=”左边为需要进行设置的项目，“=”右边为该项的值；箭头表示可用左右方向键更改项目，用上下方向键可改变项目的值。

在选项设置中，当项目值不是系统当前值时，将闪烁提示，此时可按“**进入**”键接受对项目的更改。

选项设置时，可随时也只能用“**返回**”键才能退出并返回到原介面。

选项设置中的内容及功用为：

*脚控方式（FootMode）*：可以用来设置脚踏开关的控制方式：

FootMode=Off，关闭脚踏开关控制功能；

FootMode=Trigle，触发方式，**踩下脚控开关随即松开为一次触发动作**，在单一电流方式下，通过“触发”即可启动电流输出，相当于按“**启动**”键，再触发一下即关闭输出，相当于按“**复位**”键；在扫描输出方式下，脚控开关只能用来触发启动，因为 TH1773 扫描输出完设定的步数后即自动停止，如需中断扫描，必须按“**复位**”键。

FootMode=HoldOn，保持方式，这种方式只对单一电流输出方式有效，即踩下脚控不放等于启动电流输出，而松开后即等于停止电流输出；在扫描输出方式下，脚控开关仍只能触发启动，即不受 FootMode=HoldOn 的控制。

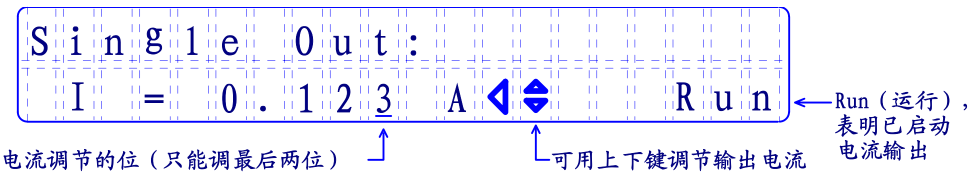
总结：只有单一电流输出方式具有不同的脚控方式，对扫描输出而言，脚控只有触发启动功能，但都可以被 FootMode=Off 所关闭。

*输出调节器（OutTuner）*：

此功能只用于单一电流输出方式下，用于启动电流输出后，可以对输出电流进行连续调节，这项功能对于产品试验、实验性研究、产品开发、特性分析等非常有用。

OutTuner=Off，关闭输出调节器功能。

OutTuner=On，开启输出调节器。这样在启动电流输出后，显示器上将多出几个箭头指示，同时光标在电流数据下闪烁，表明可以用方向键进行电流调节，其中⇐、⇒方向键用来调整需调节的位，⇑、⇓方向键用来调节电流大小，可以按住不放以进行连续调节，如下图所示：




*启动至（StartTo）*：可以使仪器直接启动至您每天所需的工作方式。

StartTo=Single，启动至单一电流输出方式；

StartTo=Multi，启动至多点电流扫描输出方式；

StartTo=Part，启动至均分扫描输出方式。

不论启动至哪一种方式，启动后均可以用“**方式**”键在三者之间随意切换。

*过渡时间（TranTime）*：

通常在启动电流输出、切换电流方向及电流扫描输出过程中切换电流时，因电感自感电势的作用而存在电流建立时间，并导致磁性电感器件自身的不稳定性，这段时间在 TH1773 中被定义为过渡时间。

TH1773 以输出指示灯闪烁来表示过渡时间，同时在显示器右下角的状态显示为四个圆点“。。。。”；在过渡时间内，TH1773 不诊断自身的工作状态，扫描输出间的延时也忽略这段时间。

使用中可以设定最小的过渡时间以满足一定的工作节奏，但在某些大电感大电流情况下，则应设定长一些的过渡时间以利于稳定，避免仪器产生不必要的保护动作；或者 L 表上的测试数据根本不可能在这段时间内达到稳定，也不妨设定长一些的过渡时间。

有四种过渡时间可供选择：

TranTime=0.5s，大约 0.5 秒的过渡时间；

TranTime=1.0s，大约 1.0 秒的过渡时间；

TranTime=1.5s，大约 1.5 秒的过渡时间；

TranTime=2.0s，大约 2.0 秒的过渡时间；

*通讯接口（IEEE488）*：这是由主机控制的多仪器系统间通讯的接口标准。

在本仪器中 IEEE488 接口是选件，选购此附件的用户必须配有带 IEEE488 接口卡的计算机。有关该接口的说明资料附带在选购件中。

IEEE488=Off，接口不使用；

IEEE488=On，打开通讯接口，未购置选件的用户此操作无效。

*通讯接口（RS232C）*：串行通讯接口设置。

RS232C 也是选件，可用于与计算机通讯；或者与 L 表及 LCR 电桥联接，用 L 表及 LCR 电桥来控制 TH1773 的输出电流大小、启动或停止电流输出，但需要 L 表及 LCR 电桥支持这项功能。

RS232C=Off，关闭串行通讯接口；

RS232C=LinkPC，设置为与计算机通讯；

RS232C=ByLCR，设置为由 L 表或 LCR 电桥对 TH1773 进行电流及输出控制。

*保存方式（SaveMode）*：用于对选项设置的更改选择何种方式的保存。

SaveMode=Auto，自动保存，用户对选项设置所做的任何修改都被自动保存，即使断电，设置也不会丢失；

SaveMode=User，通过用户操作保存，选用这一设置后，选项设置中将多出一项目 SaveSettings（保存设置），用户通过对 SaveSettings 进行操作以保存设置，否则设置中的内容仅在当前有效，断电或关机后即恢复为更改之前的值；

SaveMode=Off，不保存，即不保存用户对选项设置所做的任何修改，但在断电或关机之前，用户的修改是有效的。

保存方式仅针对选项设置而言，除此之外的其它参数设置始终是自动保存的！

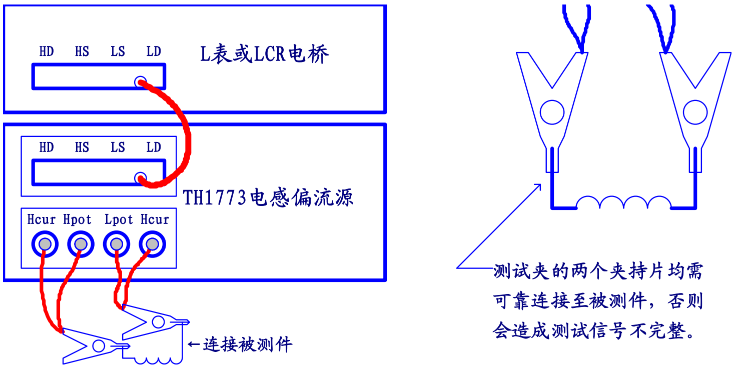
*系统校正（Calibrations）*：此操作对用户无效。

*保存设置（SaveSettings）*：可用于对选项设置中的内容进行保存。

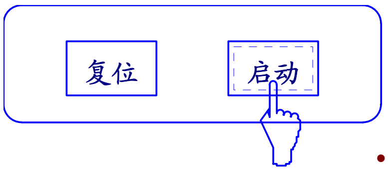
当选择 SaveMode=User 时，就会出现这一项操作，此时按“**进入**”键，则仪器执行保存操作（显示“Save……OK”字样）。

**3）叠加测试**：按第二章所述做好测试连接及准备并根据需要完成各项设置后，就可以进行叠加测试了。

a)　连接被测件，此时即可测知不加偏流时的电感值；

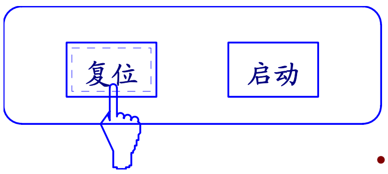



b)　按“**启动**”键，使电流输出，即可测出叠加电流后的电感值；




电流输出时，输出指示灯将指示电流从哪个接线端子输出（参见面板说明）。

c)　按“**复位**”键关闭电流输出，取下被测件；




d)　重复 a)～c)可进行同一产品的连续批量测试。

可以使用脚控开关来代替按“**启动**”和“**复位**”键，脚控开关的使用请参阅前面章节的有关内容（注意选项中 FootMode 的设置）。

**警告！**

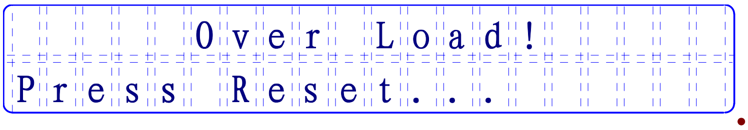
被测件从测试夹任一端移开前，应先关闭电流输出，否则会因电感上自感电势的作用对仪器造成冲击或构成人身伤害！

**警告！**

大电流输出时，测试端或测试件本身可能过热，更换被测件时要小心，谨防烫伤！

**4）信息提示：**工作过程中可能会出现错误提示，主要有两种：

a) 过载（OverLoad）

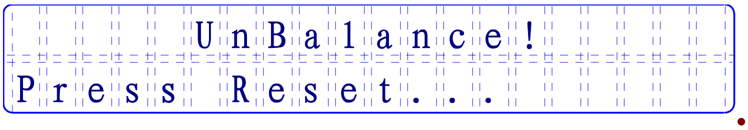



当仪器在检测自身工作状态过程中，如果持续超过 1 秒不能达到设定电流值，仪器将复位恒流输出电路并显示过载信息，用户需按“**复位**”键取消过载提示，出现过载的原因可能有：

- ✧ 启动电流输出，但未接负载，即处于开路状态；
- ✧ 虽接有负载，但负载直流电阻过高，即 $V=IR$ 超过本机最大输出电压；
- ✧ 因输出电流较大及被测电感较大，使得在设定的时间内达不到所需的输出电流；
- ✧ 仪器故障造成。

短接测试端并启动输出，如果不出现过载信息，则可证明仪器内部无故障；如果是因上述第三种因素引起，则应设定较长一些的过渡时间（参见选项设置）。

b) 不平衡（UnBalance）




TH1773 通过一种特定的平衡调节来近似模拟 L 表或 LCR 电桥的四端测试原理，一旦出现不平衡，则表明仪器不能正常完成叠加测试，此时仪器显示不平衡信息并复位恒流输出电路，用户需按“**复位**”键取消信息提示。

若出现不平衡信息提示，用户应首先检查连线是否有错误，然后短接测试端并启动输出，若仍有不平衡信息，则说明仪器内部有故障，请联系本公司或经销公司维修。

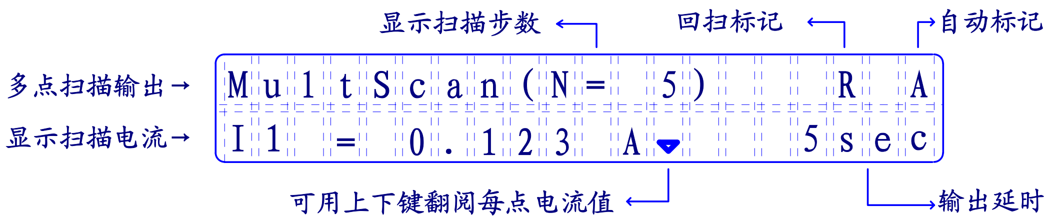
若有除此之外的其它信息显示，则表明系统不能正常工作，请与本公司或经销公司联系维修。

## 2. 使用多点扫描输出（MultScan）：

电感交直流叠加测试时，经常需要叠加多种不同的直流电流。本仪器具有独特的电流扫描输出功能，为多点叠加提供了快捷方便的手段。电流的扫描输出功能也使之适用于铁磁材料的特性分析中。

在多点扫描输出工作方式下，用户可自由设定 2～15 点不同的输出电流，TH1773 按照 $I_1$、$I_2$、…、$I_n$ 的顺序自动或手动输出这些预设电流，时间间隔可在 0～99 秒间设定；适应于某些特定场合，本机还具有回扫功能。

要切换至多点扫描输出方式，按“**方式**”键，在多点扫描输出方式下，显示器显示为：




与电流扫描输出有关的概念及设置为：

**1) 设定电流：**

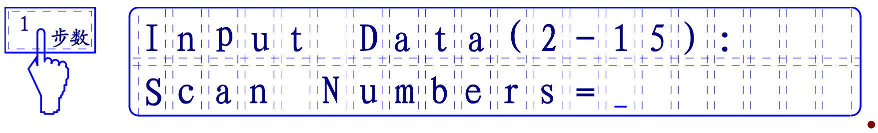
用⇑、⇓方向键可翻阅设定步数内每一点的电流值，用“**修改**”键可分别修改每一点的电流大小，其方法与单一电流输出时的电流设置是完全一样的。

例如，要修改第三步的电流，用⇑、⇓键翻阅至电流显示为 I3，然后按“**修改**”键，即可以键入数据，输入完毕后按“**进入**”键以接受数据；同理可以继续查阅其它电流并修改。

每一步的电流大小都可以在－10A～0～10A 的范围内任意设置，但实际使用时，一般应遵循电流由小至大的原则（按 $I_1$、$I_2$、…、$I_n$ 的顺序），以防被测磁性电感因预磁化而影响测试的准确性。

**2) 步数（Scan Number）：**

步数反映了 TH1773 在一次扫描中可以按序输出多少种不同的电流。如要设定步数，按“**步数**”键，则进入步数设置介面：



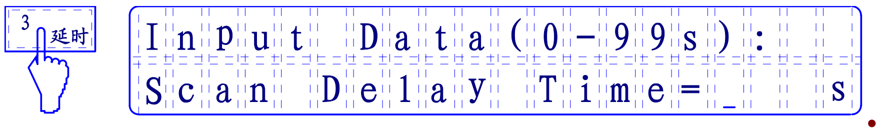

此时用户可输入 1～2 位数据，数据范围应在 2～15 之间，输入时可用“**退格**”键删除光标前的一位数字；按“**进入**”键接受修改并返回原介面，按“**返回**”键则不接受修改并返回原介面。

如果输入的数值超出规定范围，则在按“**进入**”后，自动取消用户的输入数据，并要求重新输入。

**3) 延时（Scan Delay Time）：**

延时是指扫描输出时，从输出某一步电流开始至输出下一步电流之间的时间间隔。在扫描输出被启动后，显示器右下方状态显示栏将以倒计时的方式显示延时过程。

要修改延时时间，按“**延时**”键，则进入延时设置介面：




此时用户可输入 1～2 位数据，数据范围可在 0～99 之间，输入时可用“**退格**”键删除光标前的一位数字；按“**进入**”键接受修改并返回原介面，按“**返回**”键则不接受修改并返回原介面。

**4)** 自动（**Auto**）：

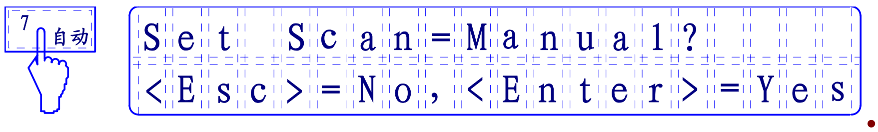
自动是指 TH1773 输出某一步电流后，经过设定的延时后，即输出下一步电流，直至设定步数内的所有电流均被输出后结束扫描：

启动→$I_1$→延时→$I_2$→延时→…→$I_n$→延时→扫描结束

对应的手动方式（Manual）则在输出某一步电流后，同样经过设定的延时后，将维持当前电流输出并处于暂停状态（Pause），等待用户按“**启动**”键后才输出下一步电流：

**启动**→$I_1$→延时、暂停→**启动**→$I_2$→延时、暂停→**启动**→…→$I_n$→延时、暂停→**启动**→扫描结束

要切换自动或手动方式，按“**自动**”键：




显示器显示为： *设置扫描=手动?*

*〈返回〉=不，〈进入〉=是*

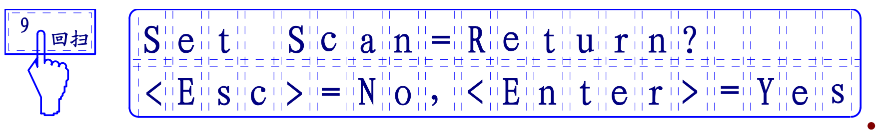
如果当前为手动状态，则按“**自动**”键后，“Manual”将显示为“Auto”，即提示是否将手动状态切换为自动状态；当设定为自动方式后，显示器右上方将显示一个“A”标记。

在自动扫描输出时，如果难以设定合适的延时时间，则最好改为手动输出；手动输出时，可以设定最小的延时，这样可以按需控制每一步电流的输出时间。

**5)** 回扫（**Return**）：

回扫常用在铁磁材料的特性分析中。当设置了回扫方式时，在一次扫描过程中电流按 $I_1$、$I_2$、…、$I_{n-1}$、$I_n$、$I_{n-1}$、…、$I_2$、$I_1$ 的次序输出。其它如延时、自动或手动时的工作方式与前述一样。

切换回扫或不回扫方式，按“**回扫**”键：




显示器显示为： *设置扫描=回扫?*

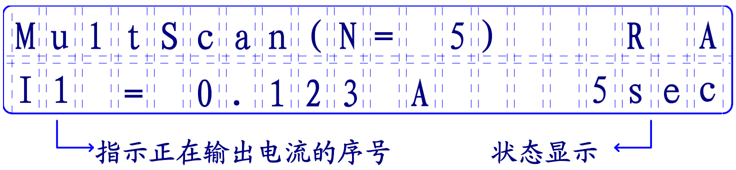
*〈返回〉=不，〈进入〉=是*

如果当前为回扫状态，则按“**回扫**”键后，“Return”将显示为“NotReturn”，即提示是否将回扫状态切换为不回扫状态；在回扫状态下，显示器右上方将显示一个“R”标记。

扫描输出方式下，同样可进行选项设置，参见前述有关内容。

完成扫描输出有关的参数设置后，就可以应用扫描输出进行叠加测试了，其操作方法与单一电流输出方式的主要区别在于：

a) “**复位**”键一般用来中断扫描输出，而不需要每测试一件就要按一次“**复位**”键，这是因为 TH1773 输出完设定步数内的所有电流后会自动停止；
b) 自动扫描方式时只须按一次“**启动**”键，手动扫描时每输出一步电流均需按一次“**启动**”键，包括结束最后一步输出；
c) 除非关闭脚控开关，否则脚控开关只具有***触发启动***一种功能，即“触发”一下等于按一次“启动”键（踩下开关随即松开为一次触发动作）；
d) 扫描输出启动后的状态为：




状态显示内容： ??sec：倒计时表示正在延时

…. ：正在过渡到下一步电流输出

Pause：手动方式时，处于暂停状态

### 3. 使用均分扫描输出（PartScan）：

均分扫描为铁磁材料的特性分析提供了更为方便实用的方法。多点扫描要求为每一步电流指定电流，而均分扫描只要求指定***起始电流 Is*** 和***终止电流 Ie***，中间电流由 TH1773 按***电流间距均等的原则***自动计算。

例如：设定步数为 N，其各步电流如下取得：

$I_1$=Is;

$I_2$=Is+(Ie-Is)/(N-1)

...

In=Is+(n-1)(Ie-Is)/(N-1)

...

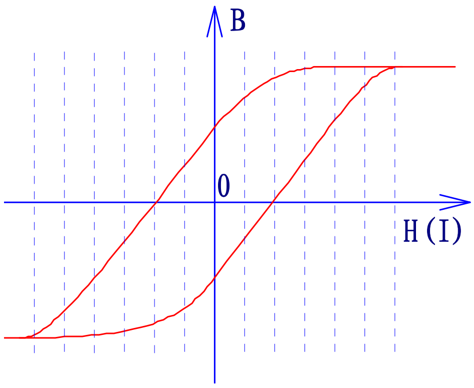
$I_N$= Is+(N-1)(Ie-Is)/(N-1)=Ie

其中(Ie-Is)/(N-1)为电流间距。

运算时，Is、Ie 的符号将被考虑在内，因此电流设定时要注意。

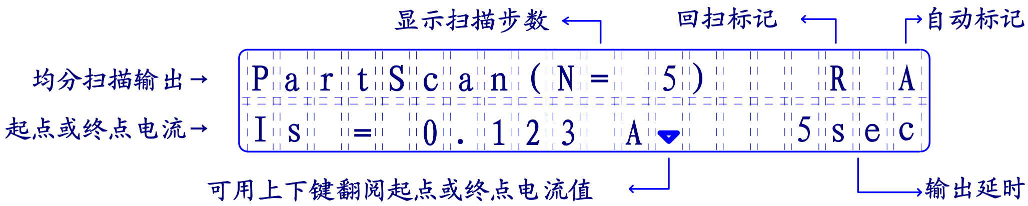
因运算精度的限制，实际结果可能存在大约 1～2 个字的误差。

均分扫描在需要多点电流等距输出的场合下应用，如在分析铁磁材料的 BH 曲线时，通过改变磁化电流的大小方向以获得不同的磁场强度 H，使用 TH1773 作为磁化电流源，就可获得在一定范围内均匀递变的磁场强度（如右图所示）。




TH1773 的均分扫描与多点扫描除了在电流设置上有区别外，其余各方面工作都是相同的，包括步数、延时、自动、回扫的意义与设置都完全一样，在多点扫描方式下设置的扫描参数与在均分扫描方式下设置的扫描参数是共用的。

要切换至均分扫描输出方式，按“**方式**”键，至仪器显示“PartScan”：




其它有关设置及使用方法请参阅“使用多点扫描输出”一节。

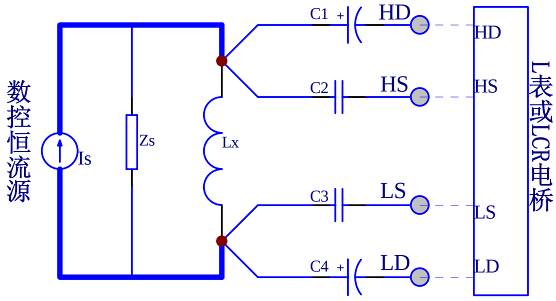
启动输出后，电流显示同样是 I1、I2、…、In 的形式，但并不是多点扫描方式下设置的电流，而是根据 Is 、Ie、N 所计算的结果。

# 五、附述

TH1773 允许较宽的叠加测试频率，具有较高的叠加测试精度，操作使用方便灵活，能满足大多数情况下的叠加测试的需要。但也具有一定的适用范围，在某些接近或处于临界条件下的测试，可能造成测试不理想，如使用过低或过高的测试频率、过低的测试信号幅度及负载阻抗过高等。本章将阐述这方面问题，以利于更有效地使用本仪器，在一定程度上延伸本仪器的使用范围。

## 1. 交直流叠加测试原理：

TH1773 其实是一种可方便预置电流的直流恒流电源，同时提供一种比较合理的与 L 表或 LCR 电桥的接口电路，从而实现对磁性电感器件的交直流叠加测试，其原理可用下图示意：




由图可见 TH1773 采用四端叠加测试，完整地保留了 L 表及 LCR 电桥的四端测试原理，这是 TH1773 在宽频范围内具有较高测试精度的基础。

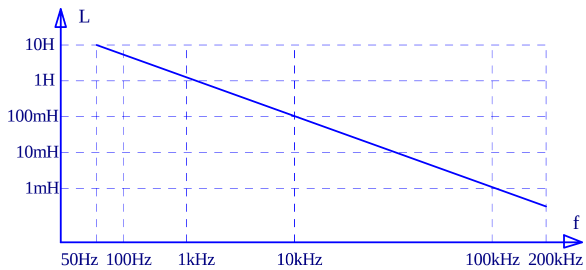
上图中 Lx 为被测磁性电感器，Zs 为偏流源附加在被测件上的等效折合阻抗，相当于恒流源的内阻，当 $Zs >> \omega Lx$ 时，它对测试精度的影响可以忽略；C1～C4 为交流耦合电容，其主要作用是隔离偏流源的直流信号。

## 2. 误差与测试频率：

TH1773 具有一定的频率适用范围（频率响应），当测试频率较低或较高时，测试误差将显著增大。在叠加原理示意图中，Zs 是造成高频误差的主要因素；C4 为 L 表电流激励低端耦合电容，是影响低频测试精度的主要因素，同时偏流源的杂波与干扰也通过此电容耦合到 L 表，造成测量值的稳定性降低。

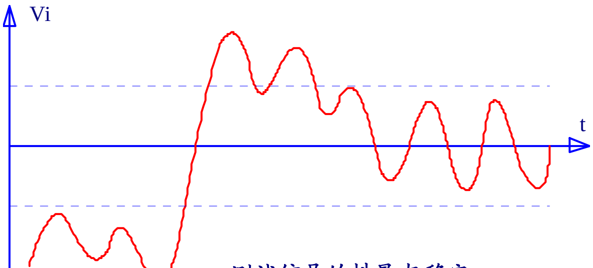
TH1773 理想的频率范围是 100Hz～100kHz，扩展的频率范围可以为 50Hz～200kHz。

选用不同的测试频率，适测的最大电感也远小于 L 表或 LCR 电桥的直接测量范围，下图为维持低附加误差的电感频率曲线，被测电感量应在曲线以下，否则测试精度不能保证。



## 3. 抖晃与量程锁定：

在向被测电感器件施加偏流或切换偏流大小时，有一个电流建立的不稳定过程，反映到 L 表或 LCR 电桥上，将导致测试信号的大幅度的抖晃，如下图所示：




测试信号的抖晃与稳定

如果 L 表或 LCR 电桥处于量程自动方式下，信号的抖晃将可能造成量程的频繁切换，这使得测试的稳定时间变长；甚至会因量程切换导致进一步的不稳定，最终因无法锁定到合适的量程而无测量显示。

为避免这些不良影响，在同产品的批量叠加测试时，最好将 L 表或 LCR 电桥的量程锁定（少数 L 表或 LCR 电桥不具有量程锁定的功能），其方法是在首件测试时：

1） 先置于量程自动方式下

2） 连接上被测件

3） 不加偏流，待 L 表上的测值稳定后，按量程锁定（有些表称量程保持）

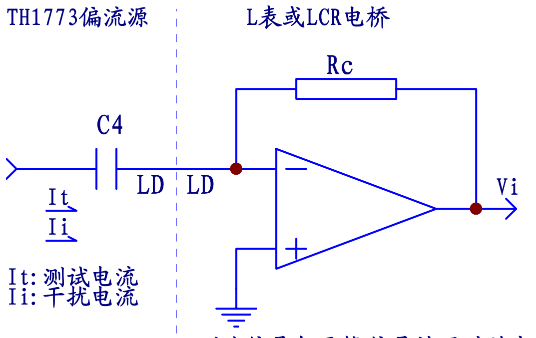
*注：许多情况下，L 表在加偏流前后往往工作在不同的量程下，用户可以根据实际情况选择在加偏流前进行量程保持，还是在加偏流后进行量程保持。*

4） 如果 L 表或 LCR 电桥具有量程选择功能，则可以用手动方法以选择最合适的量程。

*注：选用不合适的量程可能导致测试不准确，因此尽量不要手动选择量程。*

5） 此后就可以在量程不变的情况下连续测试。

当被测件阻抗值较高时，L 表或 LCR 电桥将相应工作在较高倍率的量程上，此时偏流源上的干扰与杂波也相应以较大的倍率被放大，造成测试值难以稳定及误差增大，参见下图：




测试信号与干扰信号被同时放大

量程倍率与量程号关系表

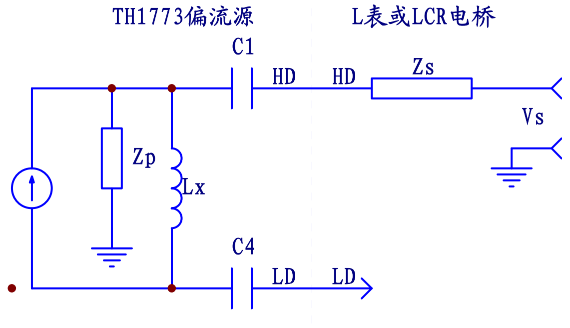
| 量程倍率 | 量程电阻Rc | | 量程号 |
|---|---|---|---|
| 高 | 高 | $k^n R$ | 0 |
| ↓ | ↓ | $k^{n-1} R$ | 1 |
| | | ⋮ | ⋮ |
| | | $k^1 R$ | n-1 |
| 低 | 低 | $k^0 R$ | n |

因此，对于高阻抗电感器，本机的适用性受到一定的限制，这也是前述存在电感频率曲线限制的原因。

但对于一些处于临界限制阻抗附近的电感器，可以手动选择低一级的量程倍率以进行测试（在精度满足要求的前提下）。

## 4. 衰减与测试信号幅度：

由于偏流源的接入，L 表或 LCR 电桥上的交流测试信号并不能完全加到被测件上，参见下图：




上图中，Zs 为 L 表信号源内阻，随仪器型号不同，其值可从几欧至几十千欧；

Zp 为 TH1773 等效对地阻抗，它与 Zs 构成对信号源 Vs 的分压通道。

由于 Zp 的存在，使加在被测件 Lx 上的测试信号比不连接偏流源时的要小，即测试信号受到了一定程度的衰减，衰减幅度随测试频率的升高、被测件阻抗的增大而增大。

当使用的测试信号幅度较小时（如小于 100mV），衰减的作用可能导致测试信号过弱而不能稳定测试，这种情况下建议适当增加测试信号幅度，以补偿信号的衰减。

## 5. 不适宜并机使用：

由于 TH1773 采用了特殊的恒流输出电路及四端叠加测试原理，简单的将多台并机输出以扩展电流是不合适的，因为这有可能导致恒流电路无法正常工作或测试精度大幅降低。

# 六、成套与保修

1．开箱后请做如下确认，以维护您的权益：

✧ 检查产品外观是否有破损、刮伤、缺陷等不良现象；

✧ 成套产品应包含以下内容，请核查：

| *序号* | *名　　称* | *数量* | *备　　注* |
|---|---|---|---|
| 1 | TH1773 型电感偏流源 | 1 台 | |
| 2 | 测试夹 TH26004F | 1 付 | 参见第二章附图 |
| 3 | 测试盒 TH26004E | 1 付 | 参见第二章附图 |
| 4 | 脚踏开关 | 1 付 | 参见第二章附图 |
| 5 | 电源线 | 1 根 | |
| 6 | 保险丝 | 2 只 | 规格：4A 或 5A |
| 7 | 检定报告 | 1 份 | |
| 8 | 产品合格证 | 1 张 | |
| 9 | 保修卡 | 1 份 | |
| 10 | 使用说明书 | 1 份 | |

以上若存在不足，请与本公司或相关经销公司联系。

2．选件

✧ RS232C 接口及相关软件资料

✧ IEEE488 接口及相关软件资料

3．保修

保修期：自发货之日起算，保修期为两年。保修时应出具保修卡。

保修期内如因操作不当造成损坏或未经许可而私自开箱，维修费自理。

本公司之产品负责终身维修。

常州市同惠电子有限公司